

## 水田に栽植した野生ヒエ集団における 無効分げつ茎の発生について

西 克 久

### 緒 言

水田の強害草である野生ヒエの無効分げつ茎の発生状況はイネの無効分げつ茎の発生との比較、あるいは野生ヒエの繁殖源となる次代の種子生産とも関連して雑草の防除上、興味ある問題と思われる。著者はさきに水稻不耕起栽培田に自然発生したヒメタイヌビエの無効分げつ茎の発生率は12%であり、また水田に栽植したヒメタイヌビエの場合には疎植区で6%、密植区で14%であって、これはイネの疎植区の5%、密植区の2%に比べて高い値であることを報告した(西 1968, 1971)。

イネやムギなどでは無効分げつ茎をできるだけ少なくすることが増収に結びつくものと考えられていたが、時政(1969)はコムギでは穂数ぎりぎりに分げつを抑制することは決して得策ではなくて、少なくとも穂数の倍以上の茎数を確保しておく必要があるとしている。また中村(1956)は放射性磷  $P^{32}$  を用いてその水稻の有効分げつと無効分げつ間の移行状態を調べ、有効分げつの葉から吸収された  $P^{32}$  は無効分げつへは移行しないが、逆に無効分げつからは有効分げつへの移行があることを明らかにしている。これらは無効分げつ茎が枯死するときにはそれに含まれている養分のあるものは比較的容易に有効分げつ茎の方へ転流回収されて無効分げつ茎の無駄は相当少なくなることを意味している。このようにイネやムギなどでは無効分げつ茎は必ずしも無用とは言えない。このような機構が野生の植物でも存在するかどうか現在のところ不明であり、その分げつ機構解明の端緒として水田に発生する野生ヒエの生育条件と無効分げつ茎の発生状況との関係について調査を行った。

水田に発生する野生ヒエにはタイヌビエ (*Echinochloa oryzicola* vasing.), ヒメタイヌビエ (*Echinochloa crus-galli* var. *formosensis* Ohwi), イヌビエ (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*) の3種類があるが、本実験では山陽地方に多発生するヒメタイヌビエを主材料とし、一部タイヌビエを用いた。

本報告を記述するに当たり、イネと野生ヒエの生育および収穫調査に協力された藤沢 浅、西中孝子、今川順子、枝廣直子、松田由美子の諸氏に厚く感謝の意を表する。

### 材 料 お よ び 方 法

1973年から1982年までの間、毎年6月上旬にイネ (*Oryza sativa* L. 品種アケボノ) とヒメタイヌビエを苗床に播種し、6月下旬に各5葉15cmの大きさの苗を Fig. 1 に示

昭和59年1月26日受理

す方法で水田の単植，交互植，混植の各実験区に1株1本ずつ移植した。1区の面積はそれぞれ  $9\text{ m}^2$  ( $4.5 \times 2\text{ m}$ ) である。1982年にはタイヌビエも同様に移植したが、この場合の交互植区はヒメタイヌビエとの交互植とした。栽植密度は単植区，交互植区では条間30 cm，株間28 cmで1区105株， $11.7\text{ 株/m}^2$ とした。混植区では上記の栽植密度で植えた4株のイネまたはヒメタイヌビエ（これらを以後混植基幹植物と呼ぶ）の四角形の中央に Fig. 1 に示すように1カ所おきにヒメタイヌビエまたはイネ（これらを以後間植植

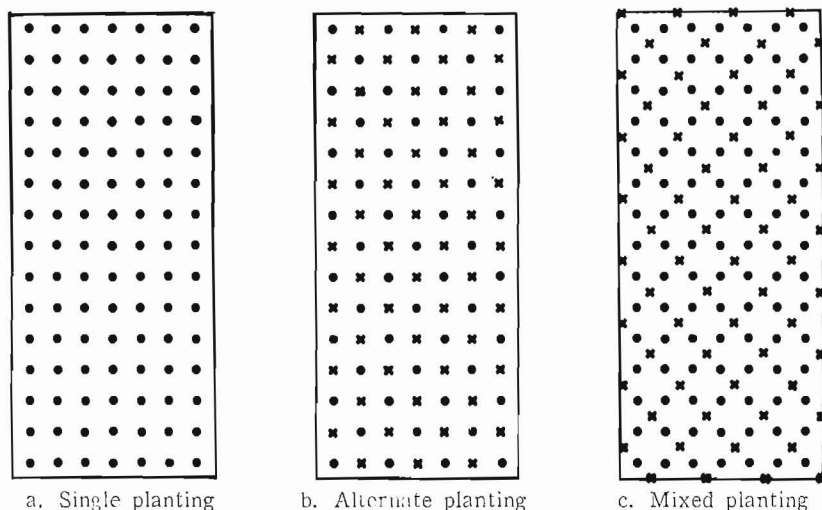


Fig. 1. Arrangement of plants.

・ is rice plant and × is barnyardgrass in one series of experiment;  
 × is rice plant and ・ is barnyardgrass in the other series except b.

物と呼ぶ)を移植した。従ってそれらの栽植密度は単植区，交互植区より大きく1区158株で  $17.5\text{ 株/m}^2$  に相当した。なお混植区基幹植物と間植植物との関係は第1図Cに示すようである。図中で・印は基幹植物，×印は間植植物である。

各実験区は施肥の有無によって無肥料区と施肥区（1973，1977～1982年）を設け，施肥量はイネに準じて1アール当たり窒素，磷酸，加里を各0.8 kgの割合の化成肥料で全量基肥として施与した。7，8月の生育時期中に数回，草丈，茎数の調査を行い，9月下旬に刈取ってのち，有効茎数，無効茎数の調査を行って無効分げつ茎の発生状況を調べた。

また1982年にはヒメタイヌビエ，タイヌビエの各単植無肥料区および両者の交互植施肥区の中から中程度の大きさの5個体を選んで種子数の調査を行い，種子生産の上からみた両野生ヒエの比較を行った。

## 結果および考察

### 1. ヒメタイヌビエとイネの無効分げつ茎の発生

ヒメタイヌビエの無効分げつ茎の発生率は Table 1 に示すように年によってかなりの変動があるが，平均値でみれば無肥料区がおおよそ6～8%，施肥区が15～24%である。

その発生率は一般に無肥料区で小さく、施肥区で大きい。これは後述するように茎数の多少と関係するものと思われる。一方、イネの無効分げつ茎の発生率は Table 2 に示すように、単植区では年次による差は比較的少なく、平均値も 7% 弱と小さいが、ヒメタイヌビエとの交互植区、混植区（以後混植区の基幹植物を意味する）では年次間の差が大きくなり、特に施肥区で発生率が大きくなる。

単植区の両者の無効分げつ茎の発生率を比較してみると、ヒメタイヌビエのそれはかなり大きく、施肥区で年によっては茎数の 1/3 が無効分げつ茎の場合もある。この無効分げつ茎の発生はどのような条件下で多くなるのか、まずヒメタイヌビエの生育と密接な関係をもつ気温（7月1日～8月31日の9時の平均気温）と無効分げつ茎の発生率との関係をみると Fig. 2 のように一定の関係はみられない。しかし気温と有効茎数との間には Fig. 3 に示すように正の相関関係がみられ、気温の高い年ほど有効茎数が多い傾向が明らかである。それを回帰係数から計算すると気温が 1°C 上昇するごとに約 1.7 本の有効分げつ茎が増えることになる。

次に無効分げつ茎の発生と 1 株茎数との関係を調べた。Fig. 4 に各栽植法の異なる実験区ごとに両者の関係を示した。まずヒメタイヌビエでは各実験区を通じて茎数が多くなるほど無効分げつ茎の発生率が高くなること、すなわち大株になるほどその中に含まれる無効分げつ茎の割合が急速に増えることが示されている。そしてその増え方は単植区で最も大きく、以下混植区、交互植区、間植と小さくなる。また無効分げつ茎の発生率の平均値は単植区 14.0%、混植区 11.6%、交互植区 11.0%、間植 9.8% となっていて、単植区では増加した茎が最も無効分げつ茎になりやすく、ヒメタイヌビエ相互間の競争が大きいことを示している。この無効分げつ茎の発生をめぐる競争の激しさは、混植区に比べて

Table 1. Rates of occurrence of non-productive tillers of *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis* Ohwi.

Plots	Range (1973—1982)	Mean
s. n.*	3.6—10.6(%)	6.9 (%)
s. m.*	14.2—37.7	24.1
a. n.*	3.2—8.2	5.8
a. m.*	12.7—21.8	18.5
m. n.*	3.2—12.0	7.7
m. m.*	10.5—28.5	19.4
i. n.*	2.1—11.4	7.0
i. m.*	5.9—21.6	15.2

\*s. n.: single planting in non-manured plot  
s. m.: single planting in manured plot  
a. n.: alternate planting in non-manured plot  
a. m.: alternate planting in manured plot  
m. n.: mixed planting in non-manured plot  
m. m.: mixed planting in manured plot  
i. n.: inter-planted plants (mixed planting in non-manured plot)  
i. m.: inter-planted plants (mixed planting in manured plot)

Table 2. Rates of occurrence of non-productive tillers of *Oryza sativa* L.

Plots	Range (1973—1982)	Mean
s. n.*	0.8—11.8(%)	6.9 (%)
s. m.*	0.5—15.3	6.6
a. n.*	0—20.2	10.2
a. m.*	7.8—34.6	22.5
m. n.*	2.2—15.2	10.0
m. m.*	7.6—28.2	15.4
i. n.*	1.5—18.2	10.6
i. m.*	17.7—35.7	27.0

\* the same as in Table 1.

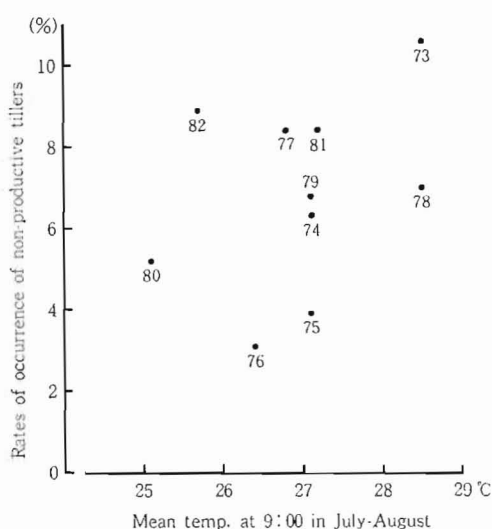


Fig. 2. Correlation between mean temp. at 9:00 in July-August and rates of occurrence of non-productive tillers of *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis* Ohwi. Numbers in Figure show year of experiment.

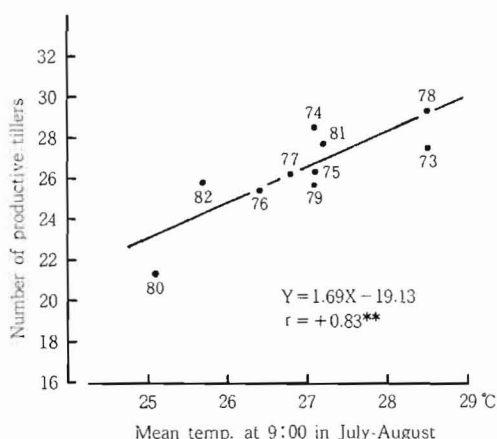


Fig. 3. Correlation between mean temp. at 9:00 in July-August and number of productive tillers of *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis* Ohwi.

\*\* Significant at 1% level.

Numbers in Figure show year of experiment.

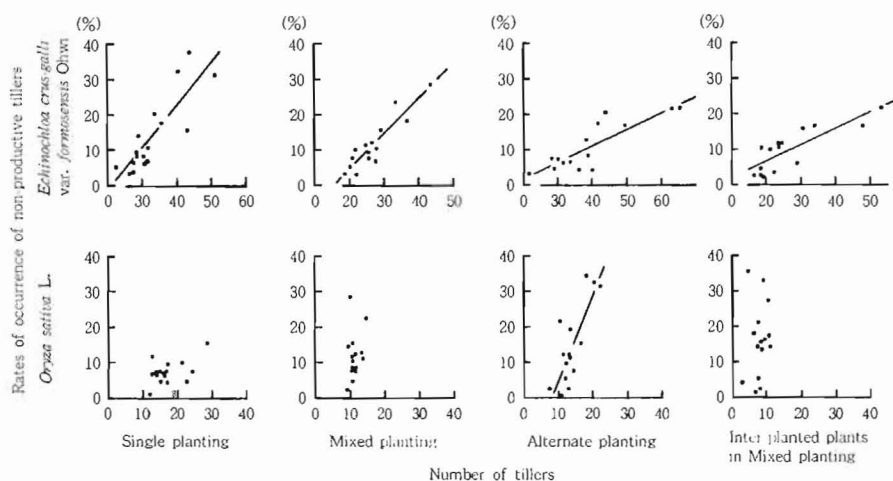


Fig. 4. Correlation between the number of tillers and rates of occurrence of non-productive tillers.

密度の小さい単植区や、間植に比べて単植区の無効分げつ茎の発生率が大いことからもうかがわれる。また交互植区よりも単植区の方が無効分げつ茎の発生率が大いことはヒメタイヌビエ相互間の競争の方がイネに対するよりも大いことも示している。一方、イネの無効分げつ茎の発生率は単植区では大体10%以下で平均値で6.8%と小い。しか

し交互植区では茎数が大きいほど発生率が大きくなり、平均値では14.4%を示した。これは明らかにヒメタイヌビエとの競争の影響で、混植区、間植でもそれぞれ平均値が9.7%, 16.5%と大きくなった。

上述のヒメタイヌビエの茎数と無効分げつ茎の発生率との関係から推測すると上記の関係とは反対に有効分げつ茎の割合は茎数が少ないほど大きくなる。換言すると茎数が増えるほど有効分げつ茎の割合は低下することになる。このことは個体内で繁殖器官である種子の占める割合が小さくなることを意味し、種子生産の上からみれば茎数が余りに多くなることは無駄な投資とも考えられる。しかしこれは収穫の時期が9月下旬と限定されているので、それ以後に有効分げつ茎となる可能性が残されており、もっと収穫時期が遅くなれば無効分げつ茎の割合は減少するかもしれない。また一般に水稻群落中に発生する野生ヒエの大株のものは少なく、茎数の少ない小株のものが多くみられる状況から、その繁殖上からは有効分げつ茎となる割合の大きい、茎数の少ない小株のものが多数存在した方が、野生ヒエにとっては有利と思われる。

## 2. ヒメタイヌビエとタイヌビエの無効分げつ茎の発生の比較

Fig. 5 は我が国の水田に多発生するヒメタイヌビエとタイヌビエの無効分げつ茎の発生状況を比較したものである。ヒメタイヌビエとタイヌビエの交互植施肥区では1株当たりの茎数は両者同じ47本であるが、タイヌビエは実に半分近い49%が無効分げつ茎であるのに対して、ヒメタイヌビエは無効分げつ茎が少なく28%であって、有効分げつ茎数はヒ

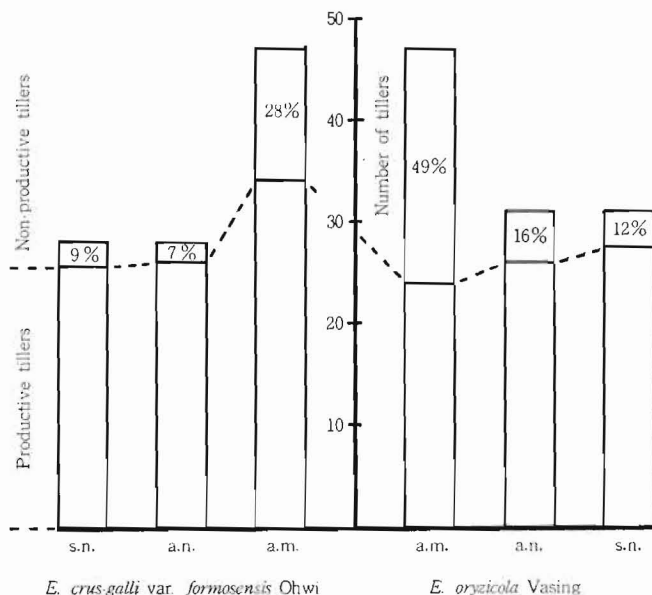


Fig. 5. Comparison of occurrence of non-productive and productive tillers in two kinds of barnyardgrass.

s. n.: single planting in non-manured plot  
a. m.: alternate planting in manured plot  
a. n.: alternate planting in non-manured plot  
% shows rate of non-productive tillers.

メタイヌビエが10本も多い。生産種子数でみると1株当たりヒメタイヌビエ11220粒、タイヌビエ5760粒とヒメタイヌビエが実に2倍近く多い。もし無効分げつ茎がないと仮定すると1株当たりの生産種子数はヒメタイヌビエが15510粒、タイヌビエが11280粒と計算され、その差は縮まる。さらに交互植無肥料区、単植無肥料区においては常にタイヌビエがヒメタイヌビエより1~3本多く、無効分げつの発生率も3~9%どの区においてもタイヌビエが大きかった。このようにタイヌビエがヒメタイヌビエ

に比べて無効分けつ茎が多かったのは、出穂期がごく晩生のヒメタイヌビエに比べてタイヌビエの出穂期は早いので、本実験を行った6月下旬から9月中旬に至る生育期はやや遅かったのではないと思われる。そのためにタイヌビエでは無効分けつ茎が多く発生したものと考えられる。

### 3. 無効分けつ茎の発生時期の推定

ヒメタイヌビエ、タイヌビエとイネの分けつ期でいつごろから増えたものが無効分けつ茎になりやすいのかについて次に述べる。その方法はヒメタイヌビエ、タイヌビエとイネの茎数増加曲線に有効茎数の線を挿入してそれと茎数増加曲線の交点の日を求め、それ以前の日に増加したものは有効分けつ茎、以後に増加したものは無効分けつ茎と判断することによって行う。

野生ヒエは  $C_4$  植物であるので、その生長は気温の影響を強く受けて、高温年には大きい生長を示すが、低温年にはイネにも劣るような結果となる(西 1979)。これは当然野生

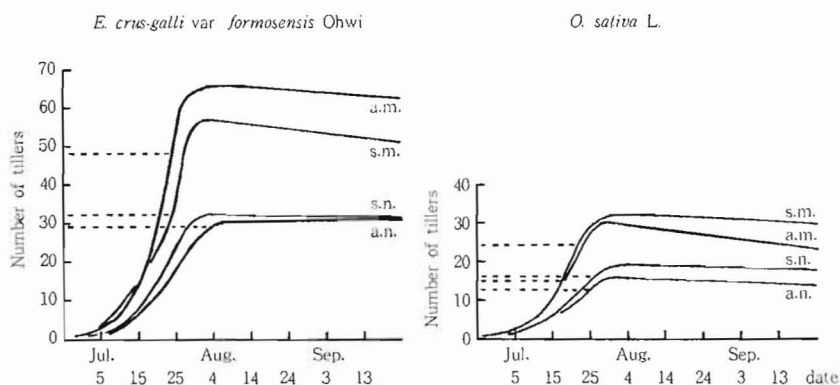


Fig. 6. Increase in number of tillers in 1978 (higher temp. year).

s. m.: single planting in manured plot

s. n.: single planting in non-manured plot

a. m.: alternate planting in manured plot

a. n.: alternate planting in non-manured plot

Height of dotted lines show number of productive tillers.

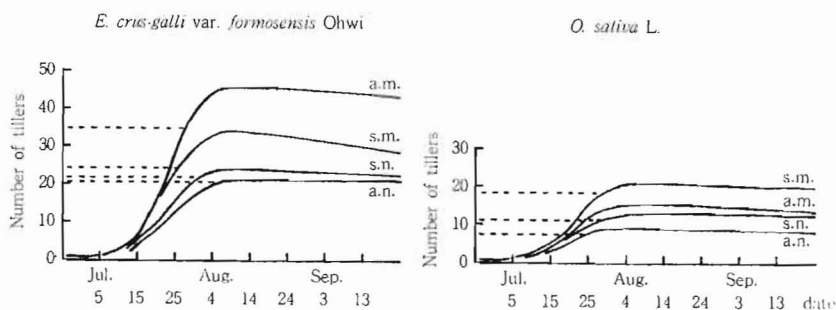


Fig. 7. Increase in number of tillers in 1980 (lower temp. year).

Annotation is the same as in Fig. 6.

ヒエの分げつ茎数の増加，無効分げつ茎の発生状況にも影響を及ぼすものと考えられる。そこでまず10年間の実験年の中から代表的な高温年であった1978年と逆に典型的な低温年であった1980年の2カ年を選んで，各年のヒメタイヌビエとイネの1株当たりの茎数の増加曲線に有効茎数の数値を記入すると Fig. 6, 7 のようになる。Fig. 6 によると高温年にはヒメタイヌビエは実験区の条件によって異なるが，8月上旬には，その最大茎数は60数本にも達する。そして有効茎数は施肥区で7月24日ごろまでに，無肥料区でも8月初めまでには決まる。イネの茎数はヒメタイヌビエの半分となるが，有効茎数の決定時期は大体同様で7月中には決まる。ところが Fig. 7 の低温年にはイネでは高温年の場合と同様に茎数はヒメタイヌビエの半分と少なくなり有効茎数も7月中には決定されるが，ヒメタイヌビエでは高温年に比べて茎数が少なくなるとともに，有効茎数の決定時期が遅れて7月末から8月上旬となる。すなわち有効茎数の決定時期は，イネでは高温年，低温年にかかわらず7月下旬ごろで大体一定している。しかしヒメタイヌビエではその時期が気温条件によって変わり，高温年にはおよそ7月中であるが，低温年には数日間遅れて，条件によっては8月になって増加した茎でも有効茎となり得る。これは種子生産とも関連して雑草の可塑性を示す一面として注目される。また各実験区間の茎数についてみると，イネでは高温年，低温年に関係なく施肥区，無肥料区ともに交互植区は単植区よりも小さく，ヒメタイヌビエとの競争の影響が茎数に現れている。ところがヒメタイヌビエの施肥区ではこの関係が逆になって交互植区は単植区より大きく，茎数増加の競争においてヒメタイヌビエのイネに対する優位性が示されている。無肥料区では大きい違いはみられない。

Fig. 8 は1982年のヒメタイヌビエとタイヌビエの茎数の増加の状況に有効茎数の数値を記入したものである。ヒメタイヌビエでは第6, 7図の場合と同様に施肥区では分げつ茎数が多く，有効茎数は7月下旬の初めに決定されるが，無肥料区では茎数が少なく，有

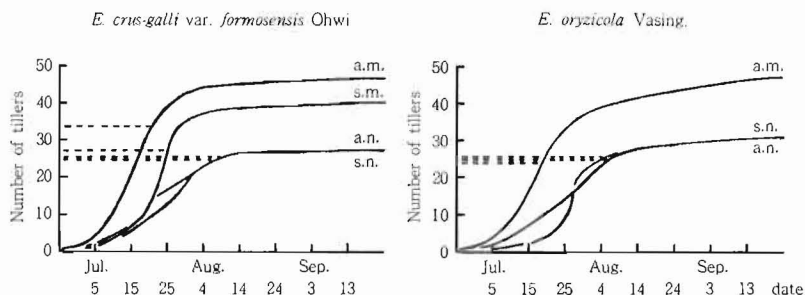


Fig. 8. Increase in number of tillers in 1982. Annotation is the same as in Fig. 6.

効茎数の決定時期も8月上旬と10日間以上遅くなって8月に増加した茎も有効茎となることが示されている。一方，タイヌビエでは施肥区で有効茎数の決まるのが7月20日ごろで，無肥料区では10日以上遅れて8月上旬になるのはヒメタイヌビエと同様であるが，茎数の増加はヒメタイヌビエでは8月になれば大体止まるが，タイヌビエでは8月以降になってもなお増加が続き特に施肥区で顕著である。これはタイヌビエがヒメタイヌビエよりも種子の生産期間の長いこと，ひいてはより低温で登熟可能なことを意味してはいない。

だろうか。そしてこのことがタイヌビエを北日本にまで分布可能にしている一因ではないかと思われる。

#### 4. ヒメタイヌビエとタイヌビエの生産種子数

最後に無効分げつ茎の発生に関連して野生ヒエの生産種子数について述べる。ヒメタイヌビエ、タイヌビエの各単植無肥料区、交互植施肥区のものについて調べた結果、ヒメタイヌビエの単植無肥料区で茎1本当たり平均で319粒、交互植施肥区で346粒、タイヌビエの単植無肥料区で242粒、交互植施肥区で237粒と実験区間で大差はなく、おおよそヒメタイヌビエ1本当たり330粒、タイヌビエ1本当たり240粒とみてよいように思われる。すなわち茎1本当たりの種子数(1穂粒数)でヒメタイヌビエが約38%多いことがわかる。従って1株当たりの生産種子数は茎数の大きさによって変わり、それはまた環境条件によっても変わることになる。筆者が以前調査した結果(西1968)では、水稲不耕起栽培田に発生したヒメタイヌビエの生産種子数は1株(11本)当たり2670粒となっていて、本調査の1株(34本)当たり11220粒に比べてかなり少ない量になる。しかしこれを茎1本当たりの数値に換算すると約240粒となる。これは稔実種子数であって、本調査の330粒は9月下旬に刈取時のもので、中には不稔実粒も含まれるので稔実種子数はこの数字よりは小さいものになり、240~300粒ぐらいになるものと思われる。これはタイヌビエに比べてなお大きい数値である。

なお野生ヒエの1株の生産種子数としては笠原(1968)はタイヌビエで6580粒、Stevens(1932)は *Echinochloa crusgalli* (L) Beauv. で7160粒という数値をあげているが、1株の大きさ、茎数が異なるので本実験のヒメタイヌビエやタイヌビエとの比較は困難である。イネ、ムギなどの作物の例にみられるように茎1本当たり、あるいは1穂当たりの数値が明らかであれば、野生ヒエ各種類間の比較に便であるように思われる。

#### 摘 要

水田に栽植した野生ヒエ集団の無効分げつ茎の発生状況についてイネとの比較実験を行い、またヒメタイヌビエとタイヌビエの生産種子数を調査して両者の比較をした。

ヒメタイヌビエの無効分げつ茎の発生率は栽植条件、年次間で大差があり、2~38%である。その生育期間中の9時の平均気温と無効分げつ茎の発生率との間には一定の関係がみられないが、気温と有効茎数の間には正の相関関係が認められ、高温年ほど有効茎数が増える。また各実験区の1株茎数と無効分げつ茎の発生率との間には正の相関関係があって、茎数が増加するほど無効分げつ茎の発生率が大きくなる。その状態は栽植法によって異なり、無効分げつ茎の発生率の増加の大きさ(回帰係数)は単植区、混植区、交互植区の順となる。この順は競争の大きさの順とも考えられ、競争が大きいほど、無効分げつ茎の発生率は大きくなる。イネの無効分げつ茎の発生率は一般に小さく、単植区でおおよそ10%以下であるが、混植区、交互植区では大きくなり、平均値でそれぞれ10%、14%となる。

無効分げつ茎の発生時期を推定すると、イネでは8月以降となるが、ヒメタイヌビエでは高温年にはほぼイネと同様であっても、低温年には有効茎数の決定時期が数日間遅れて茎数の少ないものでは、無効分げつ茎の発生は中旬以降となる。またタイヌビエでは8月



になっても分げつ茎数の増加が続き、茎数の少ないものでは上旬までの増加のものは有効分げつ茎となり、無効分げつ茎の発生は中旬以降となる。

ヒメタイヌビエ、タイヌビエの生産種子数は栽植条件によって異なるが、一般にヒメタイヌビエが相当多い。栽植条件による種子数の多少の差は主に茎数の多少の違いによるもので1本の茎当たりの種子数には大差はない。その数値はヒメタイヌビエ 330 粒、タイヌビエ 240 粒で、ヒメタイヌビエが多い。

#### 引用文献

- 笠原安夫. 1968. 日本雑草図説. 408頁. 養賢堂, 東京.
- 中村公則. 1956. 水稻の有効分げつと無効分げつ間のP32の移行について. 日作紀 25: 71-72.
- 西 克久. 1968. 水稻不耕起栽培田におけるヒメタイヌビエの個体別生育量と穂重について. 農学研究 52: 111-122.
- 西 克久. 1971. ノビエとイネの集団生育に関する研究 第1報 集団内個体の生育量について. 日本雑草防除研究会第10回講演会要旨 12-15.
- 西 克久. 1979. ノビエとイネの集団生育に関する研究 第8報 集団におけるノビエとイネの生長の比較. 雑草研究 24: 別号 105-106.
- Stevens, D. A. 1932. The number and weight of seeds produced by weeds. Amer. J. Bot. 19: 784-794.
- 時政文雄. 1969. 無効分げつの功罪に関する研究(1) 分げつ茎の数的制限が小麦の生育と収穫に及ぼす影響. 作物学研究集録 第12号 14-16.

## Occurrence of Non-Productive Tillers in Planted Barnyardgrass Populations

Katsuhisa Nishi

### Summary

Occurrence of non-productive tillers in planted barnyardgrass populations was investigated in comparison with that in rice. The barnyardgrass used in this study was principally *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis* Ohwi, but in 1982 *Echinochloa oryzicola* Vasing. was also used.

Seedlings (15cm height) of barnyardgrass and rice were planted one plant per hill in a 9 m<sup>2</sup> area in late June 1973-1982. The population plots consisted of single, mixed (with rice plant) and alternate (barnyardgrass and rice plant) planting plots. The single and alternate planting plots had 105 plants each, but the mixed plot had 127 plants in each plot. During the growing period of July-August, the number of tillers were followed up and in late September, the barnyardgrass and rice plants were harvested to examine the number of productive and non-productive tillers.

There were great differences in the rates of non-productive tillers in planted barnyardgrass populations in every year or in conditions of planting, and their values were 2-38%. No correlation was observed between the mean temperature at 9:00 during the growing period and the rate of occurrence of non-productive tillers of *E. crus-galli* var. *formosensis* Ohwi, but there was a regression correlation between the mean

temperature at 9:00 and the number of productive tillers, which indicated that more productive tillers were produced in the years with a hotter summer. Between the number of tillers per plant and the rate of occurrence of non-productive tillers in each population, a regression correlation was seen, rates of non-productive tillers being higher in the plants with more tillers. The rate of occurrence of non-productive tillers in each population was in the following order: simple > mixed > alternate planting. This order was taken to show the degree of competition with the rice plant or neighbouring barnyardgrass, i. e. the greater the competition the more the non-productive tillers.

The rate of non-productive tillers of rice plant was generally low, and it was less than about 10% in single planting. But in mixed (with barnyardgrass) and alternate planting, the rates in mean values were 10 and 14 %, respectively.

The tillers of the rice plants developed in July appeared to be productive, but those developed in August appeared to be non-productive. The development of the tillers of barnyardgrass, *E. crus-galli* var. *formosensis* Ohwi, resembled that of the rice plant, but in the years with cooler summers, even the tillers developing in August were productive. Another barnyardgrass, *E. oryzicola* Vasing, developed many tillers even in August and the tillers developing in early August were productive.

*E. crus-galli* var. *formosensis* Ohwi had 330 seeds per stem and that of *E. oryzicola* Vasing, had 240 seeds per stem. The former had more seeds per stem than the latter.